

PRIM : EXEMPLAR-BASED INPAINTING DETECTION

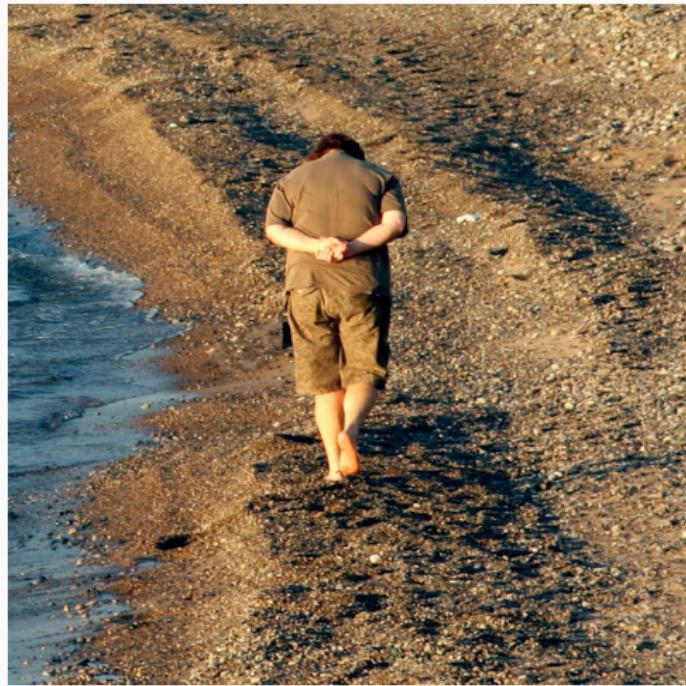
Antoine Wendlinger

Mars 2017

Télécom ParisTech

OBJECTIFS

Détection d'opérations d'inpainting



OBJECTIFS

Détection d'opérations d'inpainting



Détection d'opérations d'inpainting

- classification de l'image ("inpaintée ou non")
- ~~identification des zones inpaintées~~ : pas le but ici

Détection d'opérations d'inpainting

- classification de l'image ("inpaintée ou non")
- ~~identification des zones inpaintées~~ : pas le but ici
- limitation aux méthodes "Exemplar-based" :
 - les plus réalistes
 - intuition simple
 - se généralise bien

Détection d'opérations d'inpainting

- classification de l'image ("inpaintée ou non")
- ~~identification des zones inpaintées~~ : pas le but ici
- limitation aux méthodes "Exemplar-based" :
 - les plus réalistes
 - intuition simple
 - se généralise bien
- robustesse aux altérations post-inpainting
 - bruit
 - compression JPEG

PRÉSENTATION DE LA TECHNIQUE

Inpainting par patch :

- explicitement : minimisation d'énergie
- résultat pratique : copie de régions d'une image

INTUITION



INTUITION



INTUITION



INTUITION



Inpainting par patch :

- explicitement : minimisation d'énergie
 - résultat pratique : copie de régions d'une image
- ⇒ il "suffit de" trouver les régions copiées

CALCULS PRÉLIMINAIRES

NNF : $\varphi : p \rightarrow \arg \min \{d(p, q), \|p - q\| \geq \tau_0\}$

- calcul via PatchMatch
- offsets : $p \rightarrow \varphi(p) - p$

CALCULS PRÉLIMINAIRES

$$\text{NNF} : \varphi : p \rightarrow \arg \min \{d(p, q), \|p - q\| \geq \tau_0\}$$

- calcul via PatchMatch
- offsets : $p \rightarrow \varphi(p) - p$

$$\text{variance } \text{Var}(p) = \frac{1}{25} \sum (u(p + h) - \bar{u}(p))^2$$

LA DÉTECTION

Détection en 2 parties

- identification d'offsets dominant
- validation individuelle des offsets dominants

IDENTIFICATION DES OFFSETS DOMINANTS

Comptage de chaque offset :

$$\mathcal{C}(o) = \sum_p \mathbb{1}\{\varphi(p) - p = o\}$$

On garde les $N_{dominant} = 20$ plus représentés.

IDENTIFICATION DES OFFSETS DOMINANTS

Comptage de chaque offset :

$$\mathcal{C}(o) = \sum_p \mathbb{1}\{\varphi(p) - p = o\}$$

On garde les $N_{dominant} = 20$ plus représentés.

On ignore certains offsets :

- correspondants aux patchs plats $\text{Var}(p) < \sigma_{min}^2$
- offsets trop petits $\|o\| < \tau_1$

IDENTIFICATION DES OFFSETS DOMINANTS

Comptage de chaque offset :

$$\mathcal{C}(o) = \mathbb{1}\{\|o\| \geq \tau_0\} \sum_p \mathbb{1}\{\varphi(p) - p = o\} \mathbb{1}\{\text{Var}(p) \geq \sigma_{min}^2\}$$

On garde les $N_{dominant} = 20$ plus représentés.

On ignore certains offsets :

- correspondants aux patchs plats $\text{Var}(p) < \sigma_{min}^2$
- offsets trop petits $\|o\| < \tau_1$

VALIDATION D'UN OFFSET

Distribution d'un offset sur l'image :

$$D_o(p) = \mathbb{1}\{\varphi(p) - p = o\}$$

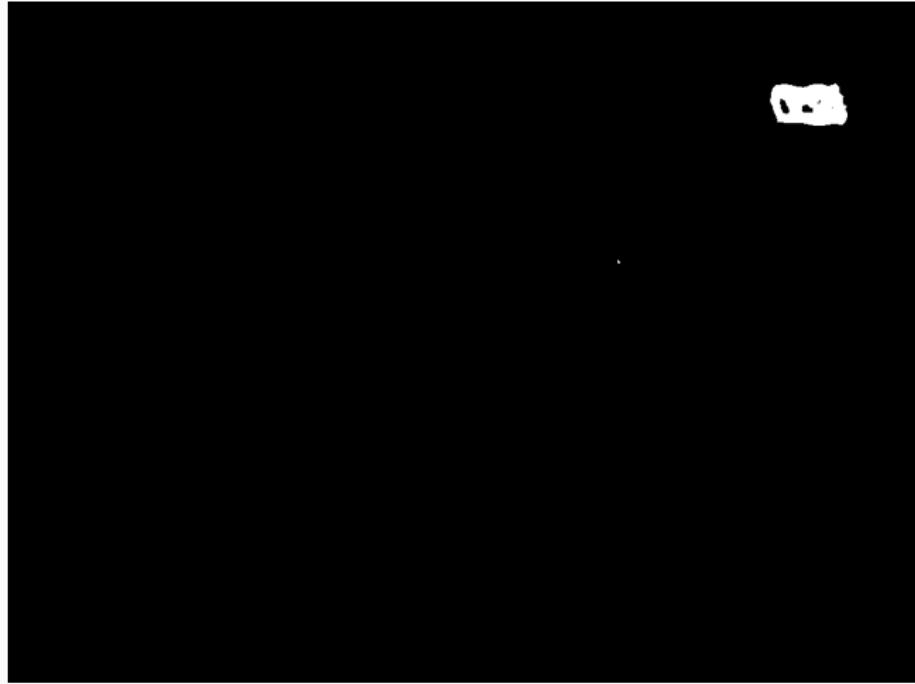
VALIDATION D'UN OFFSET



VALIDATION D'UN OFFSET



VALIDATION D'UN OFFSET



VALIDATION D'UN OFFSET



VALIDATION D'UN OFFSET

Relevance map :

$$R_o(p) = \mathbb{1} \{ d(p, p + o) \leq \alpha \cdot d(p, \varphi(p)) \}$$

VALIDATION D'UN OFFSET

Relevance map :

$$R_o(p) = \mathbb{1}\{\text{Var}(p) \geq \sigma_{min}^2\} \mathbb{1}\{d(p, p + o) \leq \alpha \cdot d(p, \varphi(p))\}$$

VALIDATION D'UN OFFSET

Relevance map :

$$R_o(p) = \mathbb{1}\{\text{Var}(p) \geq \sigma_{min}^2\} \mathbb{1}\{d(p, p + o) \leq \alpha \cdot d(p, \varphi(p))\}$$

Symmetric relevance map :

$$B_o(p) = R_o(p) \cdot R_{-o}(p + o)$$

VALIDATION D'UN OFFSET



VALIDATION D'UN OFFSET



VALIDATION D'UN OFFSET



VALIDATION D'UN OFFSET

4 paramètres A_0, A_1, A_2, r

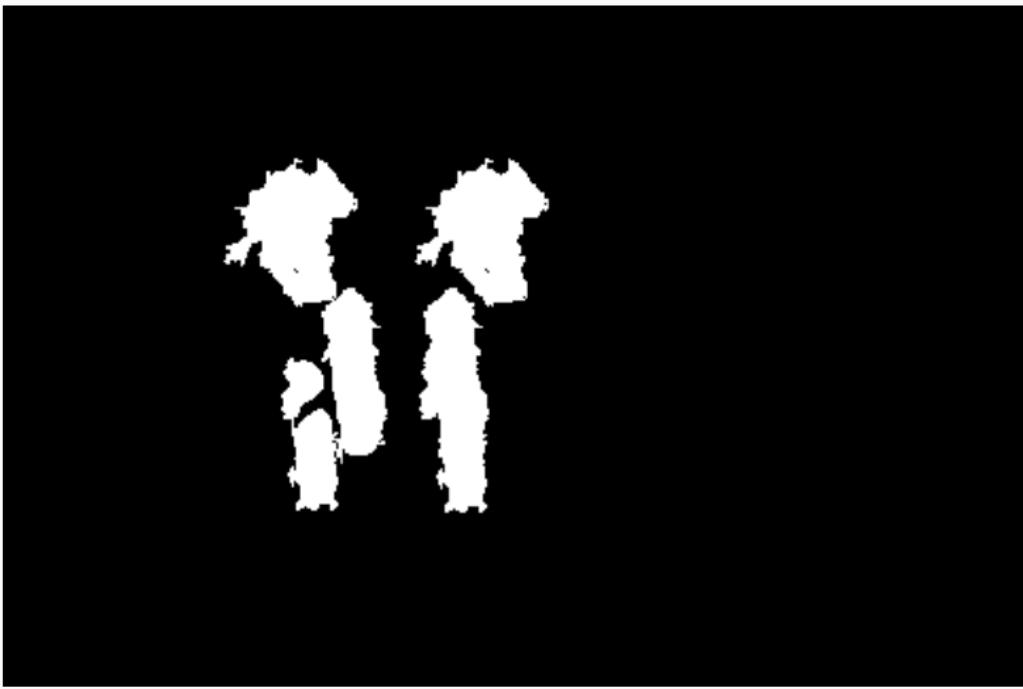
Validation :

- si il existe une zone de plus de A_2 pixels, l'image est inpaintée
- N_{big} pixels dans zones de plus de A_1 pixels
- N_{small} pixels dans zones entre A_0 et A_1 pixels
- si $N_{big}/N_{small} \geq r$, l'image est inpaintée

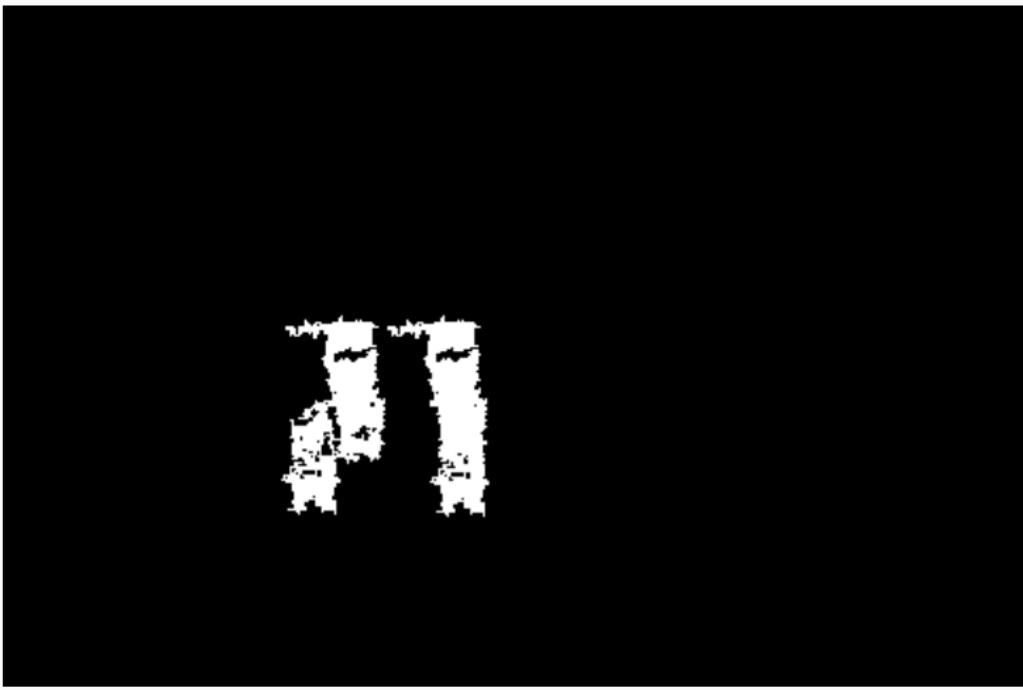
RÉSULTATS











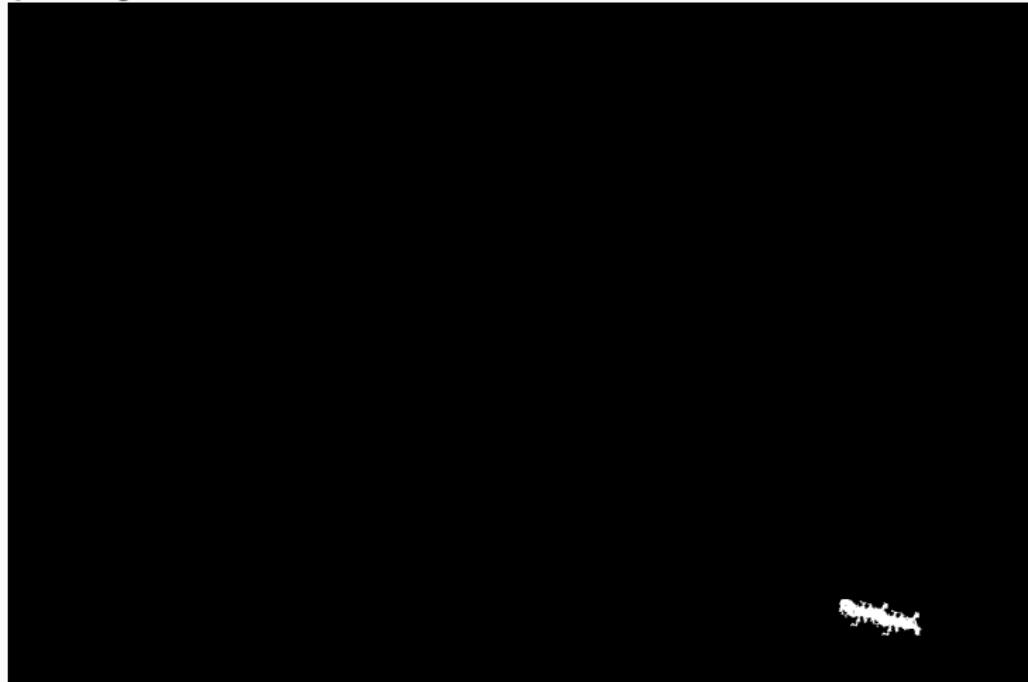






$$\sigma = 2.55$$



$\sigma = 5.1$ 

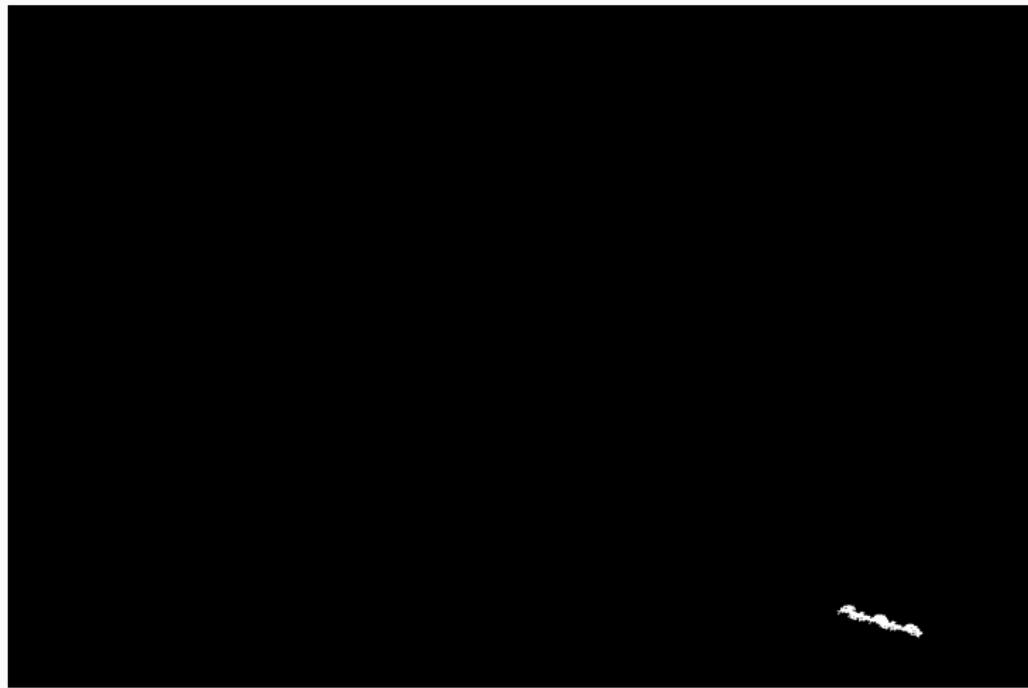
$$\sigma = 7.65$$



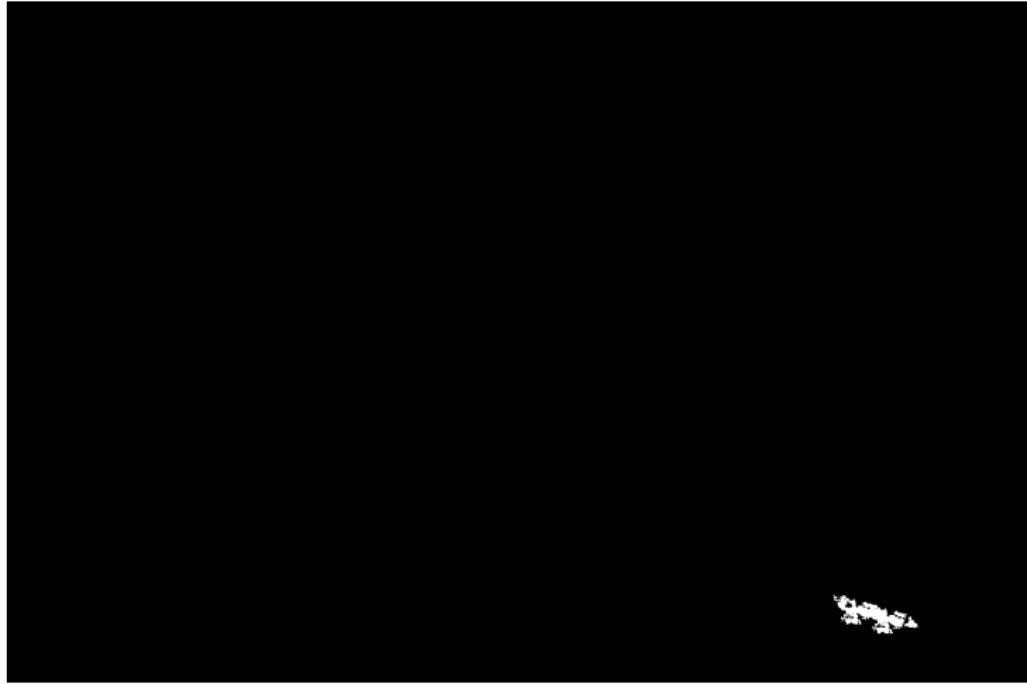
$$\sigma = 10.2$$



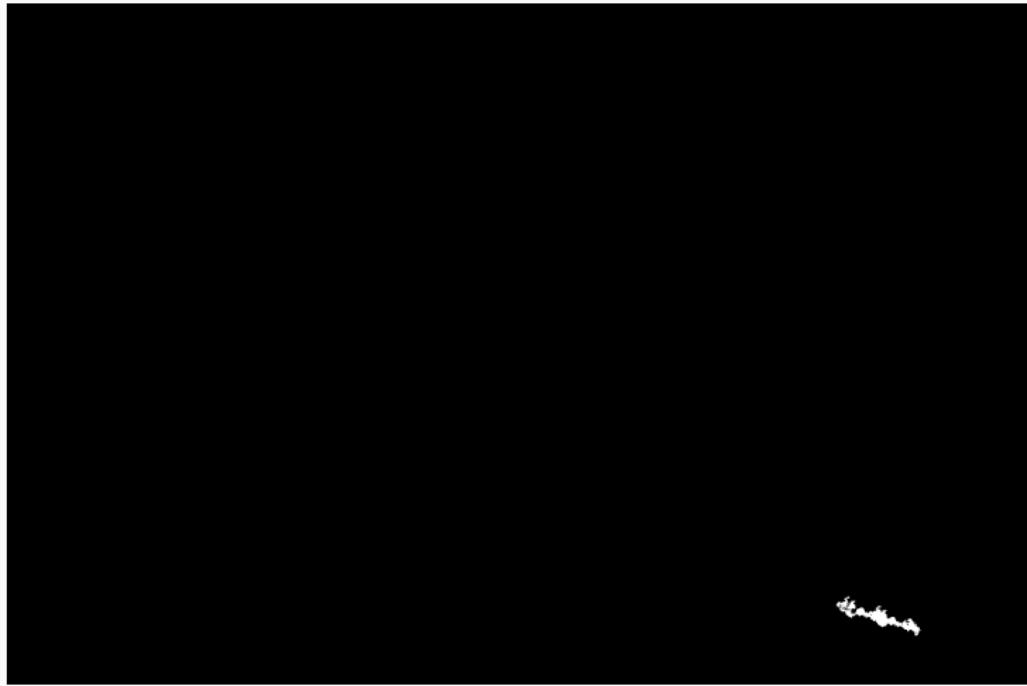
$$\sigma = 12.75$$



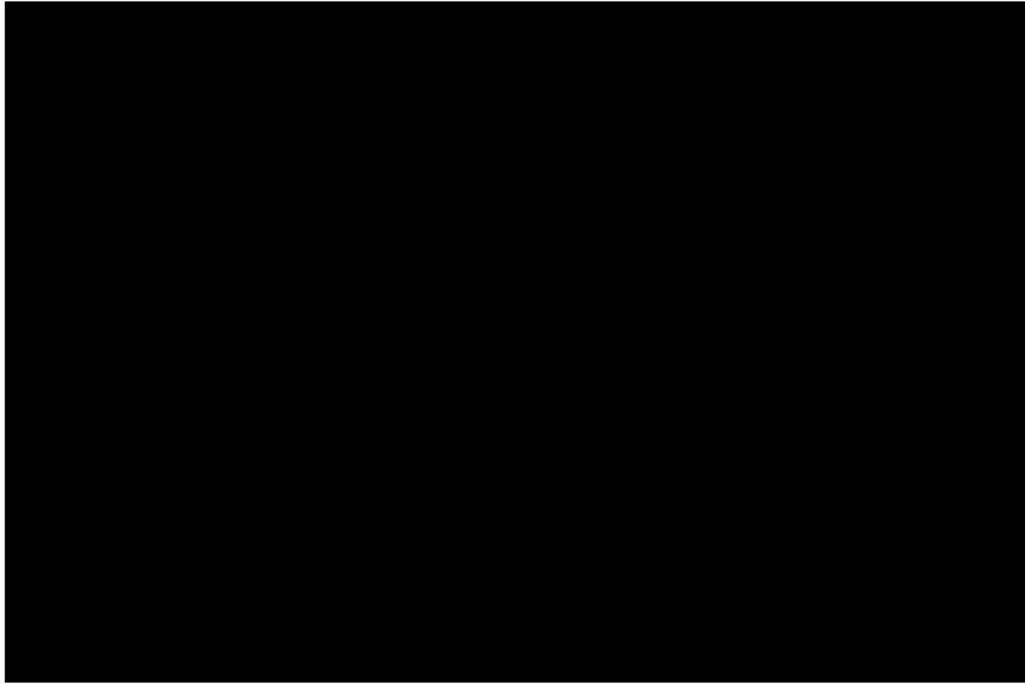
JPEG $QF = 90$



JPEG $QF = 80$



JPEG $QF = 70$

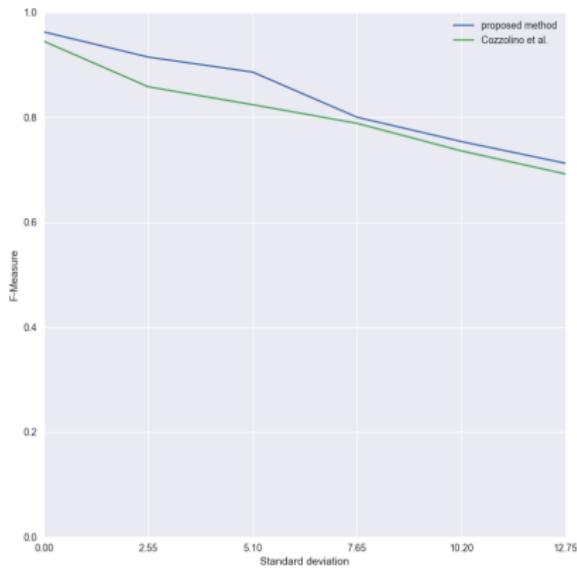


RÉSULTATS

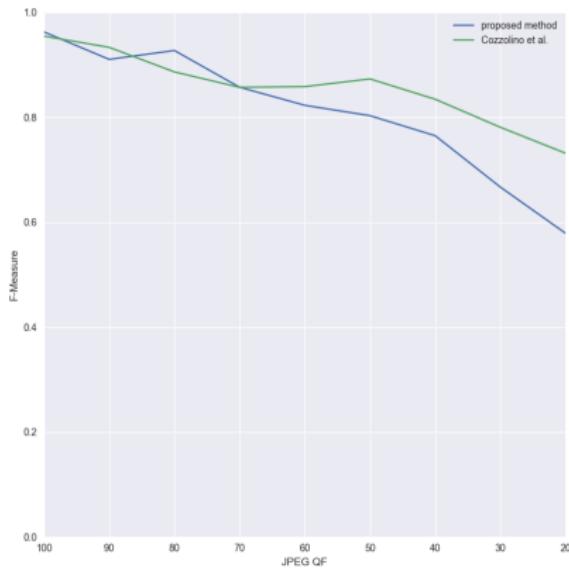
Cozzolino et. al. : "Efficient Dense-Field Copy-Move Forgery Detection."

- détection des opération de copier collé
- sous-problème du notre
- banque d'image et résultats disponibles

RÉSULTATS



RÉSULTATS



APPROCHES ESSAYÉES

APPROCHES ÉSSAYÉES

Autres approches tentées pour la détection :

- à la base d'approches plus compliquées
- combinées entre elles

Les même défauts :

- sensibilité aux modifications post-inpainting
- plusieurs copies de la même zone

CARTE DES DISTANCES

$$D(p) = d(p, \varphi(p))$$

- pour une image parfaite, distance à 0
- altération post-inpainting
- seuil ?

CARTE DES SYMÉTRIES

$$\mathcal{S}(p) = \mathbb{1}\{\varphi(\varphi(p)) = p\}$$

CARTE DES SYMÉTRIES



CARTE DES SYMÉTRIES



CARTE DES SYMÉTRIES



CARTE DES SYMÉTRIES



CARTE DES SYMÉTRIES

$$\mathcal{S}(p) = \mathbb{1}\{\varphi(\varphi(p)) = p\}$$

- ouverture par une boule de rayon 5
- même zone copiée plusieurs fois ?
- sensibilité au bruit

ZONES CONSTANTES DANS LA CARTE DES OFFSETS

$$\mathcal{O}(p) = \varphi(p) - p$$

ZONES CONSTANTES DANS LA CARTE DES OFFSETS



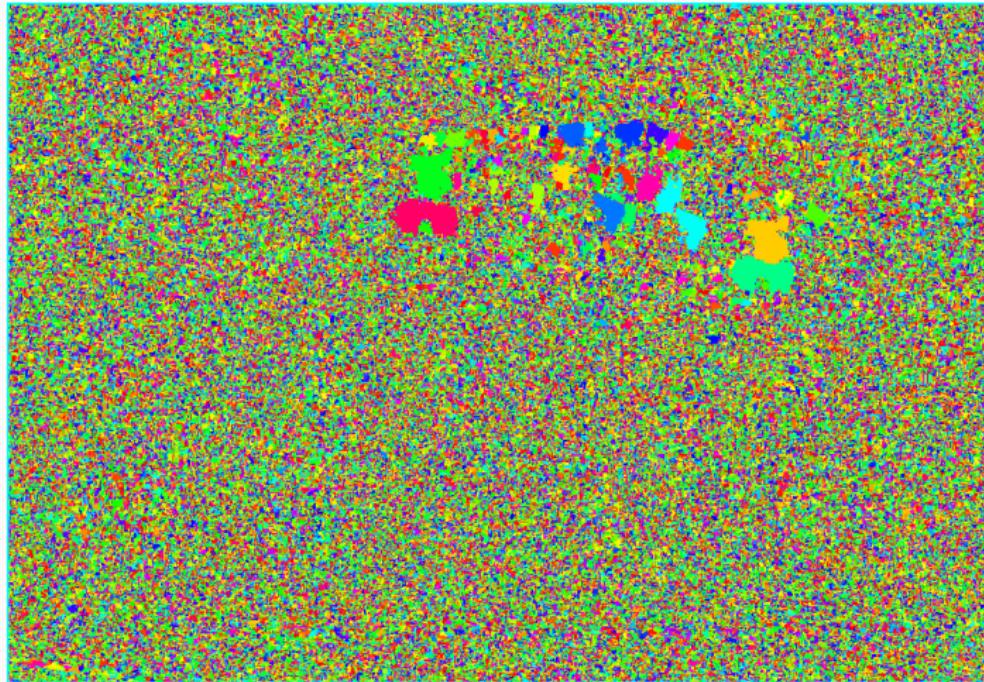
ZONES CONSTANTES DANS LA CARTE DES OFFSETS



ZONES CONSTANTES DANS LA CARTE DES OFFSETS



ZONES CONSTANTES DANS LA CARTE DES OFFSETS



ZONES CONSTANTES DANS LA CARTE DES OFFSETS

$$\mathcal{O}(p) = \varphi(p) - p$$

- seuil sur la taille d'une zone constante
- même zone copiée plusieurs fois ?
- sensibilité au bruit

AXES D'AMÉLIORATION

Identification des offsets dominants

$$\mathcal{C}(o) = \mathbb{1}\{\|o\| \geq \tau_0\} \sum_p \mathbb{1}\{\varphi(p) - p = o\} \mathbb{1}\{\text{Var}(p) \geq \sigma_{min}^2\}$$

- risque de "manquer" des offsets pour de petites zones
- problème pas rencontré
- solution : comptage sur des fenêtres

Relevance map

$$R_o(p) = \mathbb{1}\{\text{Var}(p) \geq \sigma_{min}^2\} \mathbb{1}\{d(p, p + o) \leq \alpha \cdot d(p, \varphi(p))\}$$

- condition plus fine sur la distance entre patchs
- prise en compte d'une estimation préalable du prix

Validation d'un offset

- si il existe une zone de plus de A_2 pixels, l'image est inpaintée
- N_{big} pixels dans zones de plus de A_1 pixels
- N_{small} pixels dans zones entre A_0 et A_1 pixels
- si $N_{big}/N_{small} \geq r$, l'image est inpaintée

Défauts

- trop de paramètres
- trop de faux négatifs